

# 이종 트래픽 다중 처리 시스템의 폭주제어에 관한 연구

## (A Study on the Congestion Control in the Integrated Heterogeneous Traffic Multiplexer)

洪 性 伯\*, 沁 鐵\*, 朴 玟 用\*, 李 相 培\*

(Seung Back Hong, Cheul Shim, Mignon Park, and Sang Bae Lee)

### 要 約

이종 트래픽 다중 처리 시스템에서 호 폭주가 발생할 경우 이를 제어하기 위한 방법이 필요하다. 이종 트래픽에서 실시간 트래픽은 비실시간 트래픽에 대하여 Preemptive 우선권을 가지며 비실시간 트래픽은 이용할 출력 링크가 없을 경우 버퍼에 저장되어 출력 링크를 이용할 수 있을 때까지 기다린다. 제안된 모델은 Continuous-time 마코브 프로세스로서 설명될 수 있으며 행렬 방정식을 사용하여 분석하였다. 성능 분석 파라미터로는 시간 지연과 평균 사용 채널수를 사용하였으며 시스템 성능에 영향을 주는 실시간 트래픽의 포트 이용도, 비실시간 트래픽의 부하, 버퍼 임계치 등의 변수들에 대하여 성능을 분석하였다. 본 논문에서는 비실시간 트래픽의 과잉 폭주 한계치인 버퍼 임계치를 이용한 새로운 제어 방법을 도입하였으며 이 경우 성능 변수를 조정하여 최적의 폭주 제어를 할 수 있음을 보인다.

### Abstract

The congestion control methods of an integrated heterogeneous traffic multiplexer are studied. The real-time traffics have preemptive priority over nonreal-time traffics in capturing the common output link. Also real-time traffics are transmitted with bandwidth reduction when the nonreal-time traffics are over the buffer threshold. The proposed model formulated the system as a continous time Markov process and is analysed using matrix equation. Time delay and average number of used channel are applied for performance parameters. In this study, a new control method with the sizable buffer threshold is introduced and the optimal congestion control can be obtained

### I. 서 론

오늘날 정보화 시대의 도래로 통신의 량이 많아지고 새로운 서비스에 대한 수요가 점차 늘어남에 따라 이종(Heterogeneous)의 트래픽 자원에 대한 교환 및 전송을 위한 스위치 기술에 대한 연구가 진행되

어 왔다. 특히 모든 종류의 트래픽을 처리해야 하는 종합 정보 통신망에서 다양한 형태의 회선교환 및 패킷교환 기술을 이용한 다중화 기술은 중요하다. 이종의 트래픽을 다중화 시킬 때에 서로 다른 형태의 트래픽이 발생하며 이들 트래픽이 공통된 출력 링크를 효율적으로 사용하기 위하여는 이를 제어하기 위한 제어 메카니즘이 필요하다. 모든 트래픽 자원이 서로 공통된 출력 링크를 이용하려고 할 때 정보의 전송량은 점점 많아지기 때문에 수율(Throughput)이 떨어지고 이것이 심화되면 정보를 전혀 전송할 수

\* 正會員, 延世大學校 電子工學科  
(Dept. of Elec. Eng., Yonsei Univ.)  
接受日字: 1990年 12月 31日

없는 트래픽 폭주 상황이 발생한다. 따라서 트래픽 폭주 현상이 완화될 수 있도록 제어할 수 있는 방법이 필요하며 이런 종류의 제어 문제는 최적화(Optimization) 문제로 형성될 수 있는데 트래픽 폭주시 어떤 트래픽에 한계치를 주어 트래픽 상황이 한계치에 이르렀을 때 출력 링크를 계속 사용하고자 하는 트래픽을 억제시킴으로써 시스템 수율(Throughput)을 극대화 시킬 수 있다.<sup>3)</sup> 1985년 Kraimeche와 Schwarz는 이중의 대역폭을 갖는 트래픽을 처리하기 위하여 Preemptive 우선권을 갖는 방법과 bit rate compression 방법을 제시하였으며 이들을 adaptive 하게 사용하는 것이 최적의 성능을 가지는 제어 방식을 수학적으로 증명하였다. 또한 1988년 Hou와 Lucantoni는 회선교환 트래픽이 폭주 상태일 경우 대역폭을 감소시켜 트래픽을 저속으로 많은 양을 처리해주는 대역폭 감소(Bandwidth Reduction) 방법을 연구하였다.<sup>4)</sup> 최근에 연구된 이 방법을 비실시간 트래픽에 대해 무한 버퍼를 사용하는 이상적인 경우를 다루었으나 여기서는 시스템에 폭주 현상이 발생할 경우 버퍼에 쌓인 비실시간 트래픽 양에 임계치를 주어 비실시간 트래픽이 이 임계치에 도달할 경우 실시간 트래픽의 대역폭을 감소시켜 폭주 현상을 완화시키는 제어 방법을 제안하고 이를 기존의 방법과 비교하였다.

II. 이중 대역폭 통신 시스템 모델링

1. ISDN 서비스의 트래픽 특성

종합정보통신망(ISDN : integrated services digital network)은 음성 및 비음성 서비스를 포함한 광범위한 서비스를 제공할 수 있는 능력이 있어야 하고 교환 및 비교환 연결 기능을 가지며 회선교환 및 패킷 교환 기능도 갖추고 있어야 한다. ISDN에 의한 서비스는 서비스 속성에 따라 크게 베어러 서비스와 텔리 서비스로 분류된다. 이들 서비스는 기본적인 통신 서비스에 기능 추가 또는 변형에 의해서 부가 서비스(Supplementary Service)가 제공될 수 있으며 이 부가 서비스는 단독으로 제공될 수 없기 때문에 관련 기본 서비스와 상호 보완에 의해 제공된다.

기존의 회선교환 시스템은 고정된 채널 대역폭(64 Kb/s)에 의존하기 때문에 다양한 대역폭(수 Mb/s~수백Mb/s)과 서비스 유지시간(Holding Time)의 문제를 해결하기 위해서는 새로운 기능들을 효율적으로 수용할 수 있는 교환 방식이 필요하다. 서비스의 대역폭은 스위칭 망이나 인터페이스 구조에 직접적인 영향을 미치기 때문에 서비스의 종류를 소요되는

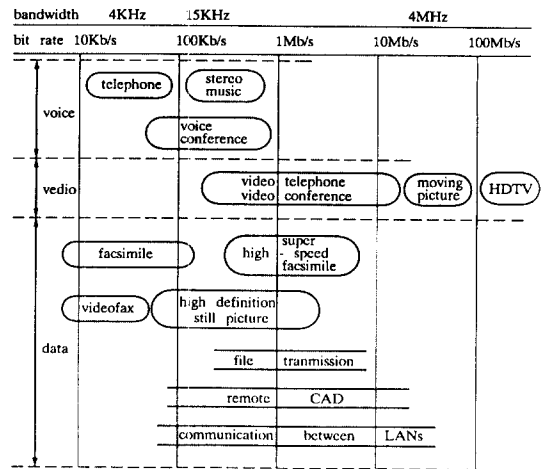


그림 1. 각종 통신 서비스와 전송속도  
Fig. 1. Various communication service and transmission velocity.

대역폭에 따라 구분하는 것이 일반적이다. ISDN에서 제공되는 서비스의 종류를 비트 속도(Bit Rate)에 따라 분류하면 그림1과 같다.

이와 같이 여러 종류의 트래픽을 통합시키거나 다중화 시키는 방법으로 공통의 전송 시설을 통해 2개 이상의 트래픽을 혼합시켜 전송하는데에는 여러가지 방법이 있다. 이들 방법중에는 이중 대역폭(음성, 데이터 화일, 비디오 등)의 회선교환 트래픽을 공통의 전송 링크로 혼합시켜 전송하는 방법이 있으며 공통의 전송 링크로 패킷교환 데이터와 함께 음성과 같은 회선교환 트래픽을 다중화 시키는 방법이 있다.

2. 통합된 이중 대역폭 트래픽 모델

이중 대역폭을 갖는 통합된 트래픽의 일반 모델은 그림2와 같이 나타낼 수 있다.

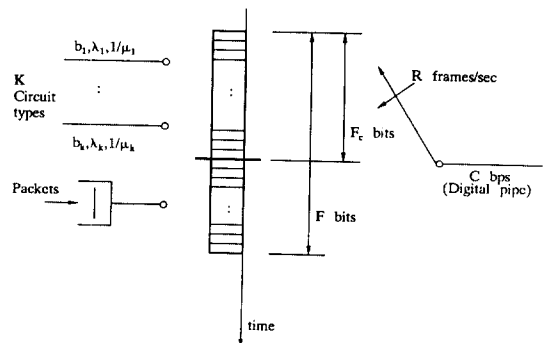


그림 2. 이중 대역폭 트래픽 처리 일반 모델  
Fig. 2. General model of heterogeneous traffic.

여러개의 회선 교환 트래픽은 서로 다른 대역폭 ( $b_1 \sim b_k$ ), 처리시간 ( $1/\mu_1 \sim 1/\mu_k$ ), 도착율 ( $\lambda_1 \sim \lambda_k$ )을 가지고 C bps(bits per Second)의 용량을 가진 TDM 링크는 F 비트(Bit)로 구성되어 있으며  $F_c$  비트의 프레임 부분과  $F - F_c$ 비트의 패킷 부분으로 나누어진다. 이 경우 제어기는 각 회선교환 트래픽의 프레임 대역폭을 알고 있어야 하며 도착하는 메시지들을 즉시 전송해야 하는지 블로킹(Blocking) 시켜야 하는지를 결정하여야 한다. 이 모델은 다양한 이종 트래픽을 네트워크로 전송하기 위해 다중화 하기 위한 모델이며 통합된 이종 대역폭을 처리하기 위한 여러 가지 방법이 제안되었다. 대표적인 것으로는 CS (complete sharing)방식, CP(complete partitioning)방식, 이동 경계(Movable Boundary)방식, 대역폭 감소(Bandwidth Reduction)방식 등이 있다.

CS방식은 제어가 없는 방법으로 모든 입력 트래픽은 FIFO(first in first out) 형태로 처리되며 이종의 모든 트래픽은 전 대역폭을 공유한다. 이 방법은 특정 대역폭을 갖는 트래픽의 부하가 크고 다른 대역폭 트래픽의 부하가 작을 경우 특정 대역폭을 갖는 트래픽의 수율(Throughput)은 좋지만 반대로 다른 대역폭을 갖는 트래픽에 대해서는 버퍼를 독점하게 되는 단점이 있다. CP방식은 다양한 대역폭을 가진 자원을 몇개의 지정된 트래픽으로 분할시켜 버퍼를 할당하는 방법으로 고정 경계 방식(Fixed Boundary)이라고 한다. 이 방법은 각 트래픽에 대해 미리 버퍼를 나누어 두기 때문에 특정 대역폭의 트래픽이 과도한 경우 그 트래픽에 할당된 버퍼만 가득차서 블로킹되고 이것이 다른 대역폭을 갖는 트래픽에는 영향을 주지 않는다. 그러나 다른 대역폭의 트래픽이 작은 경우에도 오히려 버퍼를 충분히 사용하지 못하게 되는 단점이 있다. 이동 경계 방식은 트래픽 양에 따라 링크의 효율적인 사용을 위하여 경계를 변경시키는 방식으로 보통 실시간 트래픽에 우선권(Priority)을 주어 실시간 트래픽의 특성에 따라 경계를 결정하게 되는데 이러한 경우 현대역 트래픽 부분은 수율(Throughput)이 크게 변함을 알 수 있다.<sup>2)</sup>

### III. 대역폭 감소에 의한 폭주제어

#### 1. 대역폭 감소 방법

그림3은 통합된 이종 대역폭 트래픽 처리 다중기의 대역폭 감소에 의한 폭주제어 모델을 보이고 있다. 입력측에는 h개의 Class 1트래픽 회선과 n개의 Class 2트래픽 회선이 출력측에는 C개의 채널을 갖는 링크가 다중기에 연결되어 있다. 출력측은 고속

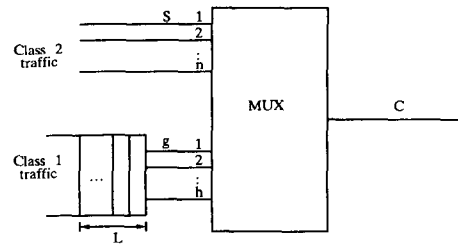


그림 3. 대역폭 감소에 의한 폭주 제어 모델

Fig. 3. Congestion control model with bandwidth reduction.

의 링크위에 프레임당 C개의 타임 슬롯을 다중화하여 물리적으로 구현할 수 있으며 각 채널은 한개의 타임 슬롯을 할당한다.

h개의 Class 1트래픽 회선은 모든 Class 1트래픽 호에 의해 공유되는 공통의 버퍼를 가지며 가중기의 포트(Port)에 연결된다. 하나의 Class 2트래픽 호는 s개의 채널을 사용하며 각 채널로부터 정보를 운반하고 각 채널은 C개의 출력 채널중 하나로 전송한다. s개의 각 채널은 우선순위가 있으며 높은 우선순위를 갖는 채널은 Class 2트래픽 호의 지속 시간 동안 계속 처리되고 낮은 우선순위를 갖는 채널은 출력 채널을 이용할 수 있는 경우에만 할당된다. 즉, Class 2트래픽 호의 전 지속시간 동안 낮은 우선순위를 갖는 트래픽은 때때로 전송될 수 있으나 그것은 각 출력 프레임에 이용할 수 있는 채널의 상태에 달려 있다. 수신측에서는 분리된 채널 정보에 의해 각 채널을 식별하거나 헤더(Header)로부터 Class 2트래픽의 모든 호를 수집한다.

Class 2트래픽 호의 평균 도착율은  $\lambda_2$  call/sec 라 가정하고 평균 처리시간은  $1/\mu_2$ 초로 지수분포를 갖는다고 가정한다. Class 1트래픽의 평균 도착율은  $\lambda_1$  call/sec를 갖는 포아송 분포를 가지며 평균 처리시간은  $1/\mu_1$  call/sec이며 지수 분포를 갖는다고 가정한다. 또한 Class 1과 Class 2트래픽의 도착은 서로 독립 과정이며 호의 도착과 서비스는 연속적으로 발생한다고 가정한다. Class 1과 Class 2트래픽 호가 다량 발생되어 출력 링크를 모두 이용하고 남은 채널이 없어 폭주 상황이 발생할 때에 Class 2트래픽중 우선순위가 낮은 채널은 전송하지 않고 우선순위가 높은 채널만을 전송한다. 이때 Class 1트래픽 호는 수시로 전송된다. 그러나 폭주 상황이 계속 심화될 경우에는 Class 2트래픽 호의 채널수를 감소시켜도 계속 폭주 상황이 발생할 것이므로 Class 1트래픽은 출력 채널을 이용할 수 있을 때까지 버퍼에

저장시키며 Class 2트래픽은 호 형성의 최소 단위인 m채널로 전송한다. Class 1트래픽 호가 없다면 C개의 출력 채널은 C/s개의 Class 2트래픽을 처리할 수 있으며 각각은 s개의 채널로 전송된다. 폭주 상황이 발생하면 Class 2트래픽은 감소된 채널 수로 전송된다. Class 1트래픽은 g개의 채널을 사용하나 더이상 채널이 감소되지는 않는다.

2. 수정된 대역폭 감소 방법

폭주 상황 발생시 시스템을 제어하기 위하여 비실시간적으로 처리하는 Class 1트래픽의 버퍼에 임계치를 둔다. 시스템에 폭주 상황이 발생하면 Class 1트래픽을 버퍼에 저장하고 이 임계치를 초과할 경우 실시간으로 처리하는 Class 2트래픽의 대역폭을 최소 전송 단위로 전송시키도록 대역폭을 감소시키는 제어 방법을 도입하였다. 이것은 다중 처리 시스템에 폭주 상황이 발생하여 Class 1트래픽이 버퍼에 저장되는 상태에 따라 시스템을 제어하는 것으로 무한 버퍼를 사용하는 기존의 방법보다 실제 상황에 더욱 접근하여 있다.

(1) 기본 가정

a. 분석을 간단히 하기 위하여 Class 1과 Class 2 두개의 트래픽만 사용하며 Class 2트래픽은 대역폭을 감소시켜 전송할 경우 서비스 질은 저하되나 실제 정보는 손실이 없다.

b. 입력측에는 n개의 Class 1회선과 h개의 Class2회선이 다중기에 연결되어 있으며 C개의 출력 채널로 전송된다.

c. Class 1트래픽은 이용할 출력 채널이 없을 경우 버퍼에 저장된다.

d. Class 2트래픽은 폭주 상황 발생시 s개의 채널 중 우선순위가 가 낮은 다른 채널들은 출력 링크를 이용할 수 없을 경우 채널을 계속 감소시키고 그래도 이용할 채널이 없을 경우는 블로킹 된다.

e. Class 1과 Class 2트래픽의 도착율과 평균 서비스 시간은  $\lambda_1, \lambda_2$ 와  $1/\mu_1, 1/\mu_2$ 이며 포아송 분포와 지수 분포를 갖는다.

(2) 사용 기호

- C : 출력 링크의 채널 수
- s : Class 2트래픽 호를 구성하는 채널 수
- n : Class 2트래픽 호 발생원(Source) 수
- g : Class 1트래픽 호를 구성하는 채널 수
- h : Class 1트래픽 호 발생원 수 (Source)
- m : Class 2트래픽 호의 최소 전송채널 수
- L : Class 1트래픽 호의 공통 버퍼 임계치
- T : 공통 버퍼에 쌓이는 Class 1트래픽 호의 수

U : Class 2트래픽의 port 이용도 ( $U = \lambda_2 / (\lambda_2 + \mu_2)$ )

Ld : Class 1트래픽의 호당 load ( $Ld = g * \lambda_1 / \mu_1$ )

B1 : Class 1트래픽 호의 대역폭 (bandwidth)

B2 : Class 2트래픽 호의 대역폭 (bandwidth)

i, j : Class 1트래픽과 Class 2트래픽의 시도 호수  
(3)제안된 알고리즘

이중 대역폭 다중 처리 시스템에서 대역폭 감소에 의한 최적 폭주 제어 알고리즘을 다음과 같이 제시한다.

1)  $B1 * i + B2 * j < C$

Class 1트래픽 호와 Class 2트래픽 호 수가 출력 채널 수보다 작거나 같다면 모든 Class 1트래픽 호는 호당 g채널로 전송되고 Class 2트래픽 호는 호당 s채널로 전송된다.

2)  $B1 * i + B2 * j > C$  and  $T < L$

Class 2트래픽은 Class 1트래픽에 대해서는 Pre-emptive 우선권을 가지며 이용할 채널이 없을 경우 채널을 감소시켜 호당  $\min\{s, \max\{m, \lfloor C/j \rfloor\}\}$  채널로 전송하고 남은 출력 채널로 Class 1트래픽 호를 g채널로 전송한다. 또한 Class 1트래픽은 출력 링크를 이용할 수 없을 경우 공통 버퍼에 저장되어 기다린다.

$|x|$  : x보다 작거나 같은 정수

3)  $B1 * i + B2 * j > C$  and  $T > L$

Class 2트래픽 호는 최소 전송속도인 m채널로 전송하고 Class 1트래픽 호는 g채널로 전송한다.

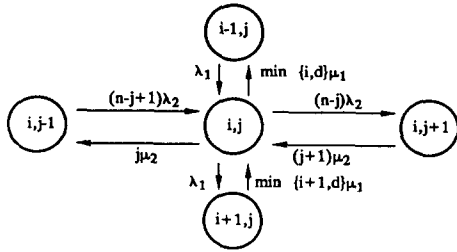
(4) 시스템 분석

위의 알고리즘에서 Class 1트래픽 호의 서비스 속도(Service Rate)는 다중기에 나타난 Active 상태인 Class 2트래픽의 호 수에 달려있다. 이것은 Class 1트래픽은 높은 우선권을 갖고 있는 Class 2트래픽이 사용하는 채널을 사용할 수 없기 때문이다. 이 시스템은 이차원의 상태 공간을 갖는 Continuous-time 마코브 프로세스로 모델링 할 수 있다.

$E = \{ (i, j) : i = 0, 1, 2, \dots \text{ and } j = 0, 1, \dots, n \}$

정상 상태 확률  $P_{i,j}$ 는 시스템내에 j개의 Class1 트래픽과 i개의 Class2 트래픽이 존재할 확률로서 다음 평형 방정식으로 설명될 수 있으며 이 방정식에 대한 상태 (i, j) 천이 다이어그램은 그림4와 같다.

$$((n-j)\lambda_2 + j\mu_2 - \lambda_1 + \min\{i, \max\{0, \lfloor (c-mj)/g \rfloor\}\} \mu_1) P_{i,j} = (n-j-1)\lambda_2 P_{i,j-1} + (j+1)\mu_2 P_{i,j+1} + \lambda_1 P_{i-1,j} + \min\{i+1, \max\{0, \lfloor (c-mj)/g \rfloor\}\} \mu_1 P_{i+1,j}, \text{ for } i=1, 2, \dots, j=1, 2, \dots, n$$



$$d = [C - \min\{s, \max\{m, \lfloor C/j \rfloor\}\}] / g$$

그림 4. 제안된 알고리즘에 대한 상태 천이 다이어그램

Fig. 4. State transition diagram for proposed algorithm.

row 벡터  $\vec{P} = (\vec{P}_0, \vec{P}_1, \dots)$ 는 다음 방정식으로 다시 쓸 수 있다.

$$\vec{P} \cdot Q = \vec{0} \tag{1}$$

여기서,  $\vec{P}_i = (P_{i0}, P_{i1}, \dots, P_{in})$   
 $0 = (0, 0, \dots)$

Q는 마코브 프로세스의 Infinitesimal Generator 이며 다음과 같은 무한 차원으로 표시될 수 있으며 그림4의 상태 천이 다이어그램을 나타내고 있다.

$$Q = \begin{bmatrix} M_0 & A_0 & & & & & & & & & & \\ B_1 & M_1 & A_0 & & & & & & & & & \\ & B_2 & M_2 & A_0 & & & & & & & & \\ & & \cdot & \cdot & \cdot & & & & & & & \\ & & & & & \cdot & & & & & & \\ & & & & & & M_{n+L-2} & A_0 & & & & \\ & & & & & & B_{n+L-1} & M_{n+L-1} & A_0 & & & \\ & & & & & & & A_2 & A_1 & A_0 & & \\ & & & & & & & & & \cdot & \cdot & \cdot \\ & & & & & & & & & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix}$$

여기서 h는 Class 2트래픽의 호가 없을 때 동시에 발생할 수 있는 최대 Class 1트래픽 호 수이며 Q를 구성하는 각 부행렬은  $(n+1) \times (n+1)$  행렬로 다음과 같이 정의된다. 이때  $k=0, 1, \dots, h+L-1$ 이다.

$$A_0(i, j) = \begin{cases} \lambda_1 & \text{if } i=j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$B_k(i, j) = \begin{cases} \min\{k, h\}\mu_1 & \text{if } i=j \text{ and } g \cdot i + s \cdot j <= C \\ d \cdot \mu_1 & \text{if } i=j \text{ and } g \cdot i + s \cdot j > C \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M_k(i, j) = \begin{cases} (n-i)\lambda & \text{if } i=j-1 \\ i \mu_2 & \text{if } i=j+1 \\ -[\lambda_1 + B_k(i, i) + (n-i)\lambda_2 + i \mu_2] & \text{if } i=j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서,  $d = [C - \min\{B_2, \max\{m, \lfloor C/j \rfloor\}\}] / g$

정상 상태 확률  $P_i$ 는 식(1)과 함께 정규화된 다음 방정식에 의해 구할 수 있다.

$$\vec{P} \cdot \vec{e} = 1 \tag{2}$$

여기서 e벡터는 모든 element를 1로 갖는 column 벡터로 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$e^T = (1, 1, \dots, 1)$$

위의 정상 상태 확률  $P_i$ 가 결정되면 시스템의 성능(Performance)을 측정할 수 있는 여러가지 값을 구할 수 있다. Class 1 트래픽의 평균 Queueing Delay를  $Q_d$ 라 하고, Class 2트래픽 호당 할당된 평균 대역폭을  $B_p$ 라 하면 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Q_d = 1/\lambda_1 \sum_{i,j} P_{ij} \max(0, i - \lfloor (c-mj) / g \rfloor)$$

$$B_p = \sum_{i,j} P_{ij} \max(m, \min[s, \lfloor (c-ig) / j \rfloor])$$

(5) 수학적인 해석

제시된 시스템을 Neuts에 의해 주어진 행렬 방정식을 사용하여 구할 수 있다.<sup>6)</sup> 행렬 방정식은 다음의 3단계를 거쳐서 구할 수 있다.

[단계 1] 시스템이 안정한지를 점검한다. 시스템이 안정한지를 점검하기 위해  $\mu_1 > \lambda_1$ 의 조건을 만족하는지 확인한다.

[단계 2] 시스템이 안정할 경우 다음의 행렬 이차 방정식에서 음수가 아닌 최소 R행렬을 구한다.

$$R^2 A_2 + R A_1 + A_0 = 0 \tag{3}$$

정상 상태 확률 벡터 중  $\vec{P}_{n+L-1}$  상태까지는 다음 관계식을 만족하며

$$\vec{P}_{n+L+1} = \vec{P}_{n+L} R^k \quad k=1, 2, \dots$$

$P_{n+L}$  상태 이하로 부터는 시스템의 상태를 한정시켜 정규화된 방정식으로부터 구할 수 있다. 행렬 방정식은 계산 방법이 복잡하며 행렬 R값을 구하기 위해서 다음 식을 n번 반복하여야 하고 그 차이가 전 단계인  $(n-1)$ 번째 단계와 비교하여 임의의 Error Factor 보다 작을 경우 즉, Converge할 경우의 값을 취한다.



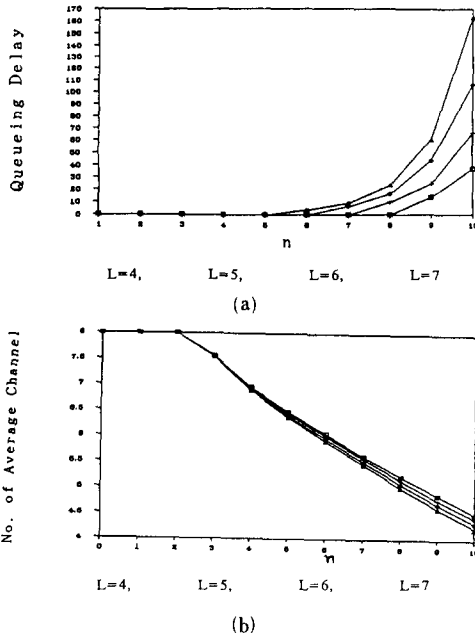


그림 5. L값의 변화에 따른 시간지연 및 평균 사용 채널 수  
 (a) 시간지연  
 (b) 평균 사용 채널 수  
**Fig. 5.** Time delay and average number of used channel according to value L.  
 (a) time delay,  
 (b) average number of channel used by realtime traffic.

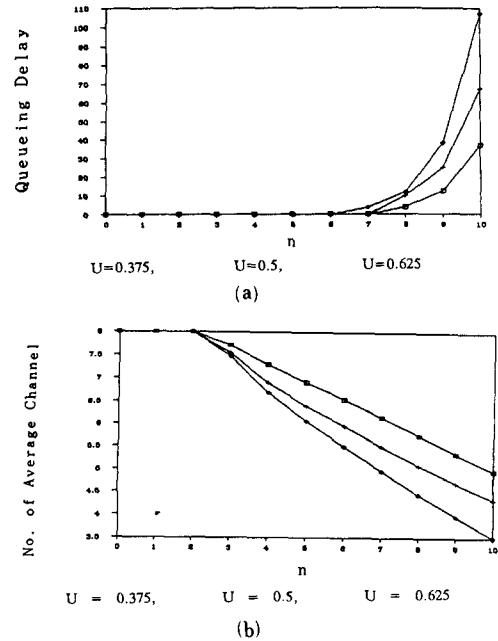


그림 6. L값의 변화에 따른 시간지연 및 평균사용 채널 수  
 (a) 시간 지연  
 (b) 평균 사용 채널 수  
**Fig. 6.** Time delay and average number of used channel according to value U.  
 (a) time delay,  
 (b) average number of channel used real time traffic.

러면 임의의 L값을 지정하여(여기서는 L=5로 지정) 다른 성능변수인 Class 2 포트 이용도 U값의 변화에 따른 성능을 분석하여 본다.  $U(= \lambda_2 / (\lambda_2 + \mu))$ 는 Class 2 트래픽의 부하와 밀접한 관계를 가지고 있으며 U값이 증가하게 되면 동일 시간에 많은 호가 도착하게 된다. 그림 6(a)와 (b)는 U값의 변화에 따른 시간 지연과 평균사용 채널수를 보인 것으로 U값이 증가하게 되면 Class 1 트래픽의 시간 지연은 증가하고 Class 2 트래픽의 평균 사용채널 수는 동일n에 대하여 약간씩 감소됨을 볼 수 있다.

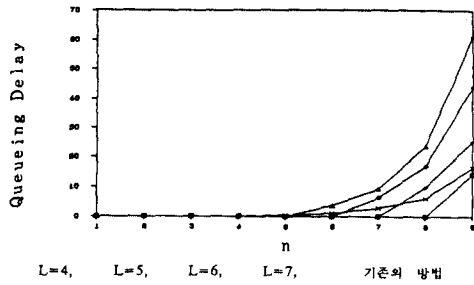
2. 성능 비교

그림 7(a)와 (b)는 기존의 무한 버퍼 알고리즘과 L=4, 5, 6, 7일 때의 제안된 알고리즘에 대하여 U를 0.5로 하였을 경우의 시간 지연과 평균 채널 사용수를 비교 분석한 것이다. Class 1 트래픽 시간 지연의 경우 기존의 알고리즘이 서서히 증가하는 반면 제안된 알고리즘은 n이 7근처에서부터 급속히 증가함을 볼 수 있다. 그러나 Class 2 트래픽의 평균

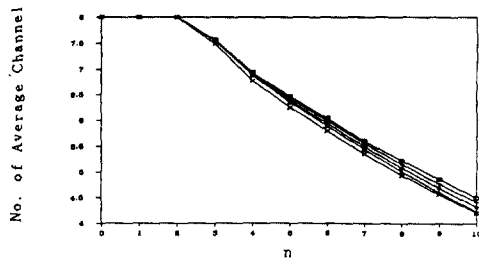
사용 채널수는 동일n에 대하여 항상 크므로 시간 지연을 줄이기 위하여는 Class 1 트래픽의 부하인 Ld를 낮게 하거나 버퍼 한계치인 L값을 작게 함으로써 개선할 수 있다.

그림 8(a)와 (b)는 Class1 트래픽의 부하(Load)인 Ld값에 따라 기존의 무한 버퍼 알고리즘과의 성능을 비교 분석하였다. Class 1 트래픽의 시간 지연의 경우 기존의 알고리즘은 서서히 증가하나 제안된 알고리즘에서는 부하가 0.4일 때까지는 시간 지연이 거의 없다가 부하가 0.5일때부터 급격히 증가함을 볼 수 있다. 그러나 Class 2 트래픽의 평균 채널 사용수는 Class 1 트래픽의 부하가 계속 증가하여도 기존의 알고리즘 보다 훨씬 많은 채널수를 사용하여 복수 상황에서 더 좋은 품질의 서비스를 제공하고 있다.

이상에서 고찰한 결과를 정리하여 보면 제안된 알고리즘의 특성은 Class 1 트래픽의 부하나 Class 2 트래픽의 포트 이용도가 증가함에 따라 L=5일 때



(a)



(b)

그림 7.  $U=0.5$ 일 때 시간지연 및 평균사용 채널수 비교

- (a)  $U=0.5$ 일때 시간지연 비교
- (b) 0.5일때 평균 사용 채널 수 비교

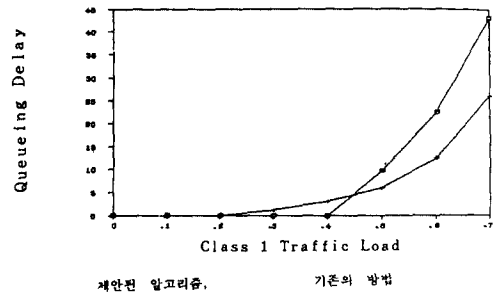
Fig. 7. The comparison of time delay and average number of used channel with  $U=0.5$ .

- (a) time delay comparison,
- (b) the comparison of average number of used channel.

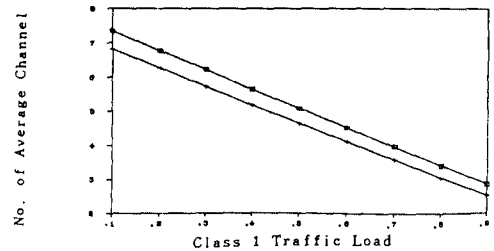
분석한 것과 같이 평균 사용 채널수는 크게 향상되나 시간 지연은 기존 알고리즘 보다 오히려 커짐을 알 수 있었다.

### V. 결 론

본 논문에서는 이종 대역폭 다중 처리 시스템에서 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽을 통합하여 전송할 때 폭주 상황이 발생하면 실시간 트래픽의 대역폭을 감소시켜 전송 함으로써 성능을 향상시키는 방법에 대하여 연구하였다. 제안된 알고리즘에서 실시간 트래픽은 비실시간 트래픽에 대하여 Preemptive 우선권을 가지며 비실시간 트래픽이 폭주가 심화되어 임계치  $L$ 을 초과할 경우 실시간 트래픽의 대역폭을 감소시켜 많은 양의 정보를 전송할 수 있도록 한다. 이때 수신측에서 대역폭이 감소된 실시간 트래픽을 복구할 수 있도록 최소 전송 대역폭을 보장하여야 한다. 제안된 모델은 Continuous-time 마



(a)



(b)

그림 8.  $L_d$ 의 변화에 따른 시간 지연 및 평균 사용 채널 수 비교

- (a) 시간 지연 비교
- (b) 평균 사용 채널수 비교

Fig. 8. The comparison of time delay and average number of used channel according to varying value  $L_d$ .

- (a) time delay comparison,
- (b) the comparison of average number of used channel.

코브 프로세스로서 설명될 수 있으며 행렬 방정식을 사용하여 분석하였다. 성능 분석 파라미터로는 실시간 트래픽에 대해서는 평균 사용 채널수를 비실시간 트래픽에 대해서는 시간 지연을 사용하였으며 시스템 성능에 영향을 주는 각 변수  $L, U, L_d$ 에 대하여 성능을 분석하였다.

트래픽의 부하인  $U$ 와  $L_d$ 값이 증가하게 되면 제안된 알고리즘은 기존의 알고리즘과 비교하여 평균 사용 채널수는 크고 시간 지연도 급격히 증가하므로 실시간 트래픽에 대해서는 양질의 서비스를 제공하나 비실시간 트래픽에 대해서는 시간 지연이 급격히 증가하여 오히려 품질이 저하됨을 보이고 있다. 시간 지연을 줄이기 위해서는 포트 이용도나  $U$  부하  $L_d$ 를 적게하거나 임계치  $L$ 을 적게하여야 하는데  $U$ 나  $L_d$ 는 외부 상황에 의해서 결정되므로 이종 트래픽을 처리하는 다중 시스템을 구축하기 위해서는  $U$ 와  $L_d$ 값을 예상한 후 적절한  $L$ 값을 결정하여 최적의 시스템을 구축할 수 있다.



## 參 考 文 獻

- [1] A. Leon-Garcia, R.H. Kwong, G.F. Williams, "Performance Evaluation Methods for an integrated Voice-Data Link," *IEEE Trans on Comm.*, vol. COM-30, no. 8, pp. 1848-1858, Aug 1982.
- [2] C.J. Weinstein, M.L. Malpass, "Data Traffic Performance of an Integrated Circuit and Packet Switched Multiple Structure," *IEEE Trans. Comm.*, vol. COM-28, no. 6, pp. 873-878, June 1980.
- [3] K. Sriram, and D.M. Lucantony, "Traffic Smoothing Effects of Bit Dropping in a Packet Voice Multiplexer," *IEEE Trans. on Comm.*, vol. COM-37, no. 7, pp. 703-712, July 1989.
- [4] T-C Hou, and D.M. Lucantony, "Performance Analysis of an Integrated Video/Data Transport Mechanism with Built-In Congestion Control," *Proc. of GROBECOM '88*, pp. 231-238, 1988.
- [5] L. Kleinrock, Queueing System, Volume I: Theory," *John Wiley and Sons, Inc.*
- [6] M.F. Neuts, "Matrix Geometric Solutions in Stochastics Models," *Johns Hopkins University Press*, Baltimore, London, 1981.
- [7] G. Latouche, "Algorithmic Analysis of a Multiprogramming-Multiprocessor computer system," *Jour. of the Assoc. for Comp. Mach.*, vol. 28, no. 4, pp. 662-679, Oct. 1981.
- [8] M. Schwartz, Telecommunication Networks Protocols, Modeling and Analysis, *Addison-Wesley*, 1987.
- [9] B. Kraimeche, and M. Schwartz, "Analysis of Traffic Access Control Strategies in Integrated Service Networks," *IEEE Trans. on Comm.*, vol. COM-33, no. 10, pp. 1085-1093, Oct. 1985.
- [10] K. Sriram et al. "Discrete Time Analysis of Integrated Voice/Data Multiplexers with and without Speech Activity Detectors," *IEEE J. Selected Areas Com.*, vol. SAC-1, no. 6, pp. 1124-1132, Dec. 1983.
- [11] A.A. Lazer, "Optimal Flow Control of a Class of Queueing Networks in Equilibrium," *IEEE Trans. on Automatic Control*, vol. AC-28, no. 8, pp. 1001-1007, Aug. 1983.

## 著 者 紹 介

洪 性 伯 (正會員)

1982年 광운공과대학 전자통신과 졸업(공학사).  
1991年 연세대학교 전자과 졸업(공학석사). 1982  
年~현재 한국전자통신연구소 소프트웨어 종합검증  
실 선임연구원

朴 玟 用 (正會員) 第27卷 第3號 參照

현재 연세대학교 전자공학과  
부교수

李 相 培 (正會員) 第27卷 第3號 參照

현재 연세대학교 전자공학과  
교수

沁 鐵 (正會員) 第28卷 第2號 參照

현재 연세대학교 전자공학과  
박사과정